

整理番号:PA03-227 発送番号:090259 発送日:平成18年 3月 7日 1

### 拒絶理由通知書

特許出願の番号	特願2003-359790
起案日	平成18年 3月 1日
特許庁審査官	堀 圭史 3005 2S00
特許出願人代理人	大庭 咲夫(外 1名) 様
適用条文	第29条第1項、第29条第2項

この出願は、次の理由によって拒絶をすべきものである。これについて意見があれば、この通知書の発送の日から60日以内に意見書を提出して下さい。

### 理 由

この出願の下記の請求項に係る発明は、その出願前に日本国内又は外国において、頒布された下記 of 刊行物に記載された発明又は電気通信回線を通じて公衆に利用可能となった発明であるから、特許法第29条第1項第3号に該当し、特許を受けることができない。また、この出願の下記の請求項に係る発明は、その出願前日本国内又は外国において頒布された下記 of 刊行物に記載された発明又は電気通信回線を通じて公衆に利用可能となった発明に基いて、その出願前にその発明の属する技術の分野における通常の知識を有する者が容易に発明をすることができたものであるから、特許法第29条第2項の規定により特許を受けることができない。

記 (引用文献等については引用文献等一覧参照)

#### 1. 請求項1

引用文献1, 2

備考:

引用文献1には、ピンド層とフリー層とを有する磁気抵抗効果素子と、バイアス磁石膜とを備えた磁気センサが開示されている(図42~44とその説明を参照)。

一方、引用文献2には、磁気抵抗効果素子を構成する磁性層に対して初期化用の磁界を印加するための配線を設ける手法が開示されている(図14と【0062】~【0063】を参照)。

この引用文献2に開示された手法を、引用文献1に開示された磁気センサに適

整理番号:PA03-227 発送番号:090259 発送日:平成18年 3月 7日 2/E

の創作能力の発揮である。

## 2. 請求項5

### 引用文献1

備考:

引用文献1の図51～54とその説明を参照。

### 引用文献等一覧

1. 特開2002-299728号公報
2. 特開2002-207071号公報

この拒絶理由通知書中で指摘した請求項以外の請求項に係る発明については、現時点では、拒絶の理由を発見しない。拒絶の理由が新たに発見された場合には拒絶の理由が通知される。

---

### 先行技術文献調査結果の記録

・調査した分野   IPC   G01R   33/02-10,  
                  H01L   43/00-14

この先行技術文献調査結果の記録は、拒絶理由を構成するものではない。

この拒絶理由通知の内容に関する問い合わせや、面接の希望についての連絡先は、次の通り。

特許庁 特許審査第一部 計測（距離・電気測定）

審査官   堀   圭 史（ほり けいじ）

TEL   03-3581-1101   内線3258

FAX   03-3581-0338

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-207071

(P 2 0 0 2 - 2 0 7 0 7 1 A)

(43) 公開日 平成14年7月26日(2002.7.26)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>

識別記号

F I

テ-ブ-ト (参考)

G01R 33/09

G01C 21/08

2G017

// G01C 21/08

G01R 33/06

R

審査請求 未請求 請求項の数14 O.L. (全11頁)

(21) 出願番号 特願2001-2306 (P 2001-2306)

(22) 出願日 平成13年1月10日(2001.1.10)

(71) 出願人 000221937

東北リコー株式会社

宮城県柴田郡柴田町大字中名生字神明堂3  
番地の1

(71) 出願人 000006747

株式会社リコー

東京都大田区中馬込1丁目3番6号

(72) 発明者 高 太好

宮城県柴田郡柴田町大字中名生字神明堂3  
番地の1 東北リコー株式会社内

(74) 代理人 100101177

弁理士 柏木 慎史 (外2名)

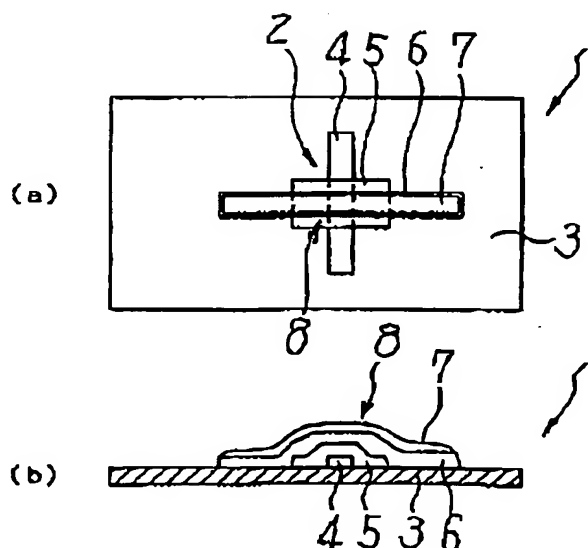
Fターム(参考) 2G017 AA02 AA03 AA16 AD51 AD55  
AD63

(54) 【発明の名称】 磁気検知素子及びこの素子を用いた方位検知システム

(57) 【要約】

【課題】 小型・軽量で高感度な磁気検知素子を提供する。

【解決手段】 元々薄膜技術等を用いて作製されるTMR素子2を用いて磁気検知素子1を構成することで、小型・軽量化を図るとともに、当該素子1の一面に磁性層4の抗磁力よりも低く、かつ、その異方性軸が磁性層4の異方性軸とは独立して設定された磁界感知補助用軟磁性膜7を備える構成とし、抗磁力の差を利用することで磁力検知を機能分離して行なえることから、センサとしての磁界感度が向上するようにした。



(2)

特開2002-207071

1

2

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 磁性層を有するトンネル磁気抵抗効果素子又は巨大磁気抵抗効果素子を用い、磁気検知部がその膜面に対して垂直方向に電流を流すことにより磁気を検知する平板状の磁気検知素子であって、当該素子の一面に配されて抗磁力が前記磁性層の抗磁力よりも低く、かつ、その異方性軸が前記磁性層の異方性軸とは独立して設定された磁界感知補助用軟磁性膜を備えることを特徴とする磁気検知素子。

【請求項2】 前記磁界感知補助用軟磁性膜が前記磁気検知部に複数の磁性膜としてアレイ状に個別に形成されるとともに、前記磁性層がこれらの複数の磁性膜と交差する1本の共通電極として形成されていることを特徴とする請求項1記載の磁気検知素子。

【請求項3】 前記磁気検知部近傍に高透磁率層が配され、前記磁界感知補助用軟磁性膜に接続されていることを特徴とする請求項1又は2記載の磁気検知素子。

【請求項4】 前記磁気検知部近傍にバルク型磁性体が配されていることを特徴とする請求項1、2又は3記載の磁気検知素子。

【請求項5】 前記高透磁率層上にバルク型磁性体が配されていることを特徴とする請求項3記載の磁気検知素子。

【請求項6】 前記磁界感知補助用軟磁性膜は、非磁性層上に、複数の軟磁性層の積層構造として形成されていることを特徴とする請求項1ないし5の何れか一記載の磁気検知素子。

【請求項7】 前記磁界感知補助用軟磁性膜は、平面形状が円形状に形成されていることを特徴とする請求項1ないし6の何れか一記載の磁気検知素子。

【請求項8】 前記磁界感知補助用軟磁性膜が複数の部分に分割されて形成されていることを特徴とする請求項1ないし6の何れか一記載の磁気検知素子。

【請求項9】 前記磁界感知補助用軟磁性膜に複数の切り込みが形成されていることを特徴とする請求項1ないし6の何れか一記載の磁気検知素子。

【請求項10】 前記磁気検知部の磁化状態を所定の状態に戻すリセット用磁界発生手段を備えることを特徴とする請求項1ないし9の何れか一記載の磁気検知素子。

【請求項11】 前記リセット用磁界発生手段が、前記磁気検知部近傍に一体に形成されたりセット電流用配線部を含むことを特徴とする請求項10記載の磁気検知素子。

【請求項12】 前記リセット用磁界発生手段が、前記磁気検知部に対してリセット磁界を発生させる外部コイルを含むことを特徴とする請求項10記載の磁気検知素子。

【請求項13】 3軸ベクトル以上の方向に独立して配置されて地磁気を検知対象とする請求項1ないし12の

これらの磁気検知素子の検知出力に基づき3軸以上のベクトルを検知する検知手段と、

前記磁気検知素子の検知出力の絶対値と予め設定されている閾値とに基づき検知結果に異常があるか否かを判断する異常検知手段と、

この異常検知手段により異常が検知された場合にはその旨を報知する報知手段と、を備える方位検知システム。

【請求項14】 3軸ベクトル以上の方向に独立して配置されて地磁気を検知対象とする請求項10、11又は12記載の複数の磁気検知素子と、

これらの磁気検知素子の検知出力に基づき3軸以上のベクトルを検知する検知手段と、

前記磁気検知素子の検知出力の絶対値と予め設定されている閾値とに基づき検知結果に異常があるか否かを判断する異常検知手段と、

この異常検知手段により異常が検知された場合にはその旨を報知する報知手段と、

前記異常検知手段により異常が検知された場合には前記磁気検知部の磁化状態を所定の状態に戻すよう前記リセット用磁界発生手段にリセット電流を流すリセット手段と、

を備える方位検知システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、磁界測定用、ナビゲーション用の地磁気センサ等の磁気検知素子及びこの素子を用いた方位検知システムに関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、この種の磁気センサとしては、磁気抵抗効果素子（MR素子）、磁気インピーダンス素子（MI素子）、フラックスゲートセンサ、半導体ホール効果センサ等が用いられている。このうち、近年開発されたMIセンサによれば、MI素子という磁気抵抗素子を用いることで薄膜化・小型化が容易なため、近年その改良も盛んである。また、MR素子の場合もこのMR素子に高周波電流を流した場合のその高周波インピーダンスの磁界による変化をもって磁界強度を検知することができる。

【0003】 具体的にこのような素子を利用した磁気検知手段又は方法として、以下のような提案例がある。

【0004】 例えば、特開平6-176930号公報によれば、磁気インダクタンス素子の磁性線に、直流又は時間的に変化する電流を流した状態で焼鈍を行なうことで、感度が改良された高感度センサが提案されている。また、特開平6-253573号公報によれば、モータ駆動電流を磁気インダクタンスセンサで検知することにより、高精度に制御できる電流検出回路が提案されている。特開平7-181239号公報によれば、通電電流を高周波化することで、ブリッジ回路なしで検知

(3)

特開2002-207071

3

4

いる。特開平9-318719号公報によれば、磁気インピーダンス素子を共振回路内に接続することにより検知感度の向上を図った磁気センサ回路が提案されている。特開平10-307145号公報によれば、一対の磁気センサと磁性体とで構成したリード板でタイヤのスチールベルトの残留磁化を外部より差動検知するようにしたタイヤ回転位置検知装置が提案されている。さらに、特開平11-109006号公報によれば、センサ部に高周波電流を流し、その時のインピーダンス変化が磁界強度に比例する素子に負帰還コイルを設け、磁界に対する出力の直線性を向上させるようにした磁気インピーダンスセンサが提案されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところが、このような従来の磁気検知センサ類では、小型・軽量化の点及び感度的な面でまだ十分とはいえず、改良の余地が多分にある。

【0006】そこで、本発明は、小型・軽量で高感度な磁気検知素子を提供することを目的とする。

【0007】併せて、上記磁気検知素子を利用することで地磁気検知等の精度を向上させることができ、ナビゲーションシステム等に有効な方位検知システムを提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】請求項1記載の発明は、磁性層を有するトンネル磁気抵抗効果素子又は巨大磁気抵抗効果素子を用い、磁気検知部がその膜面に対して垂直方向に電流を流すことにより磁気を検知する平板状の磁気検知素子であって、当該素子の一面に配されて抗磁力が前記磁性層の抗磁力よりも低く、かつ、その異方性軸が前記磁性層の異方性軸とは独立して設定された磁界感知補助用軟磁性膜を備える。

【0009】従って、元々薄膜技術等を用いて作製されるトンネル磁気抵抗効果素子(TMR素子)又は巨大磁気抵抗効果素子(GMR素子)を用いることで、小型・軽量化を図ることができる上に、当該素子の一面に配されて抗磁力が磁性層の抗磁力よりも低く、かつ、その異方性軸が磁性層の異方性軸とは独立して設定された磁界感知補助用軟磁性膜を備えることで、抗磁力の差を利用することで磁気検知を機能分離して行なえることから、センサとしての磁界感度を向上させることができる。磁界感知補助用軟磁性膜は当該素子の一面であれば、上面であっても底面であってもよい。

【0010】請求項2記載の発明は、請求項1記載の磁気検知素子において、前記磁界感知補助用軟磁性膜が前記磁気検知部に複数の磁性膜としてアレイ状に個別に形成されるとともに、前記磁性層がこれらの複数の磁性膜と交差する1本の共通電極として形成されている。

【0011】従って、請求項1記載の発明を実現する上

ことができる。

【0012】請求項3記載の発明は、請求項1又は2記載の磁気検知素子において、前記磁気検知部近傍に高透磁率層が配され、前記磁界感知補助用軟磁性膜に接続されている。

【0013】従って、磁界感知補助用軟磁性膜に接続された高透磁率層を磁気検知部近傍に有するので、高透磁率層が磁束シンクとして機能し、より一層の高感度化を図ることができる。

10 【0014】請求項4記載の発明は、請求項1、2又は3記載の磁気検知素子において、前記磁気検知部近傍にバルク型磁性体が配されている。

【0015】従って、磁性薄膜よりはるかに低い透磁率、抗磁率が実現でき、また、扱える磁束量も大きいことから飽和しにくい特性を有するバルク型磁性体を磁気検知部近傍に有するので、より一層の高感度化を図ることができる。

【0016】請求項5記載の発明は、請求項3記載の磁気検知素子において、前記高透磁率層上にバルク型磁性体が配されていることを特徴とする。

【0017】従って、バルク型磁性体を磁気検知部近傍の高透磁率層上に有するので、より一層の高感度化を図ることができる。

【0018】請求項6記載の発明は、請求項1ないし5の何れか一記載の磁気検知素子において、前記磁界感知補助用軟磁性膜は、非磁性層上に、複数の軟磁性層の積層構造として形成されている。

30 【0019】従って、請求項1ないし5の何れか一記載の発明を実現する上で、非磁性層上に、複数の軟磁性層の積層構造として磁界感知補助用軟磁性膜を形成することで、還流磁区を形成することを防ぐことができ、よって、低ノイズ化と高周波化(高速サンプリング化)を図ることができ、素子能力をより一層向上させることができる。

【0020】請求項7記載の発明は、請求項1ないし6の何れか一記載の磁気検知素子において、前記磁界感知補助用軟磁性膜は、平面形状が円形状に形成されている。

40 【0021】従って、請求項1ないし6の何れか一記載の発明を実現する上で、磁界感知補助用軟磁性膜を平面形状が円形状(真円形状、楕円形状等)とすることで、静磁エネルギーをより小さくするようにできるので、磁荷の発生が少なくなり、磁区の安定を見込め、よって、低ノイズ化ないしは高感度化を図ることができ、素子能力をより一層向上させることができる。

【0022】請求項8記載の発明は、請求項1ないし6の何れか一記載の磁気検知素子において、前記磁界感知補助用軟磁性膜が複数の部分に分割されて形成されている。

(4)

特開2002-207071

5

6

の発明を実現する上で、磁界感知補助用軟磁性膜を複数の部分に分割して形成することで、個々の大きさを小さくすれば還流磁区の発生を抑制でき、低ノイズ化を実現でき、さらには、異方性を揃えて一層の高感度化を図ることができる。

【0024】請求項9記載の発明は、請求項1ないし6の何れか一記載の磁気検知素子において、前記磁界感知補助用軟磁性膜に複数の切り込みが形成されている。

【0025】従って、請求項1ないし6の何れか一記載の発明を実現する上で、磁界感知補助用軟磁性膜を複数の切り込みにより分割状に形成することで、個々の大きさを小さくすれば還流磁区の発生を抑制でき、低ノイズ化を実現でき、さらには、異方性を揃えて一層の高感度化を図ることができる。

【0026】請求項10記載の発明は、請求項1ないし9の何れか一記載の磁気検知素子において、前記磁気検知部の磁化状態を所定の状態に戻すリセット用磁界発生手段を備える。

【0027】従って、例えば一時的な強磁界の影響による磁気検知部の着磁で動作点に変化して誤った検知を行なうようなケースでも、リセット用磁界発生手段を利用して磁気検知部の磁化状態を所定の状態に戻すことで、それ以降、正常な検知動作を行わせることができる。

【0028】請求項11記載の発明は、請求項10記載の磁気検知素子において、前記リセット用磁界発生手段が、前記磁気検知部近傍に一体に形成されたりリセット電流用配線部を含む。

【0029】従って、磁気検知部近傍に一体に形成されたりリセット電流用配線部を利用することで、請求項10記載の発明を容易に実現できる。

【0030】請求項12記載の発明は、請求項10記載の磁気検知素子において、前記リセット用磁界発生手段が、前記磁気検知部に対してリセット磁界を発生させる外部コイルを含む。

【0031】従って、磁気検知部に対してリセット磁界を発生させる外部コイルを利用することで、請求項10記載の発明を容易に実現できる。

【0032】請求項13記載の発明の方位検知システムは、3軸ベクトル以上の方向に独立して配置されて地磁気を検知対象とする請求項1ないし12の何れか一記載の複数の磁気検知素子と、これらの磁気検知素子の検知出力に基づき3軸以上のベクトルを検知する検知手段と、前記磁気検知素子の検知出力の絶対値と予め設定されている閾値とに基づき検知結果に異常があるか否かを判断する異常検知手段と、この異常検知手段により異常が検知された場合にはその旨を報知する報知手段と、を備える。

【0033】従って、地磁気を検知対象とする方位検知システムに適用した場合、基本的には、3軸ベクトル以

12の何れか一記載の磁気検知素子の検知出力に基づき検知される3軸以上のベクトルが利用されるが、この際、磁気検知素子の検知出力の絶対値を測定済みの地磁気強度に測定マージンを加味した閾値との比較により検知結果に異常があるか否かを判断しており、異常が検知された場合にはその旨を報知させることで、誤った検知結果の利用を未然に防止できる。

【0034】請求項14記載の発明の方位検知システムは、3軸ベクトル以上の方向に独立して配置されて地磁気を検知対象とする請求項10、11又は12記載の複数の磁気検知素子と、これらの磁気検知素子の検知出力に基づき3軸以上のベクトルを検知する検知手段と、前記磁気検知素子の検知出力の絶対値と予め設定されている閾値とに基づき検知結果に異常があるか否かを判断する異常検知手段と、この異常検知手段により異常が検知された場合にはその旨を報知する報知手段と、前記異常検知手段により異常が検知された場合には前記磁気検知部の磁化状態を所定の状態に戻すよう前記リセット用磁界発生手段にリセット電流を流すリセット手段と、を備える。

【0035】従って、基本的には請求項13記載の発明と同様であるが、特に、検知結果に異常が検知された場合には、リセット用磁界発生手段にリセット電流を流して磁気検知部の磁化状態を所定の状態に戻してリセットすることで、それ以降の誤った検知動作を回避することができる。

【0036】

【発明の実施の形態】本発明の第一の実施の形態を図1ないし図5に基づいて説明する。本実施の形態の磁気検知素子1は、TMR素子（トンネル磁気抵抗効果素子）2を磁気検知部に用いたもので、基本的には、図5に示すように絶縁性の基板3上に積層させた第1層4と、絶縁膜による第2層5と、第3層6と、第4層7との所定のパターンの接合構造により形成されて、第1層4から第2層5を介して第3層6にトンネル電流が流れる構造のTMR素子2を磁気検知部8に備える。ここに、第4層7が磁界感知補助用軟磁性膜及び電極として機能し、第3層6が磁性層として機能し、第1層4が磁性層及び電極として機能する。

【0037】本実施の形態で利用するTMR素子は、近年において見出された現象、即ち、強磁性体と絶縁膜と強磁性体との接合構造により形成されて、両強磁性体の磁化の相対角度に依存してトンネル効果が現れる強磁性体トンネル効果という現象を利用したもので、例えば、特開平10-91925号公報、特開平10-255231号公報中にも記載されているように、S. Macksaw and V. Gafvert等は、IEEE Trans. Magn., MAG-18, 707(1982)において、磁性体/絶縁体/磁性体結合で両磁性層の磁化の相対角度に依存してトンネル効

(5)

特開2002-207071

7

8

している。

【0038】このようなTMR素子2を含む磁気検知素子1に関する詳細構成をその作製方法を含めて説明する。まず、図1に示すように、石英、ガラス等の絶縁性の基板、或いは、絶縁層付きのSi基板等の基板3上に第1層4として一般的な無磁歪組成のFe20-Ni80膜をスパッタリング法により0.1μm膜厚で成膜する。Fe20-Ni80膜自体は磁気抵抗効果素子膜であるが、第1層4としては、スピン偏磁率の高い磁性部材であればFe20-Ni80膜以外の膜であってもよい。抗磁力のような磁気特性は、目的とする磁界強度に応じて選択すればよい。また、Fe20-Ni80膜に関しては、メッキ法によっても作製できる。また、第1層4の膜厚を0.1μmとしたが、感度その他必要な条件に応じて、適宜膜厚に設定すればよい。

【0039】次に、半導体製造工程に用いられる一般的なフォトリソグラフィ技術とCF<sub>4</sub>+H<sub>2</sub>を用いたRIE法（反応性イオンエッチング法）により、第1層4を図2に示すようにパターン化する。ここでは、第1層4をTMR素子2の一方の電極として機能させるため直線状で、かつ、磁気抵抗効果素子として機能できるサイズである幅10μm×長さ1mmのパターン形状とした。もっとも、第1層4の寸法、形状は目的に応じて適宜変更してもよい。また、エッチング処理としてはウェットエッチング法であってもよく、この場合にはエッチング液として王水を用いればよい。

【0040】つづいて、図3に示すように、このような第1層4の上に第2層5の絶縁トンネル層としてAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜をスパッタリング法により成膜する。この成膜にはEB法（電子ビーム法）やCVD法（化学気相成長法）などを用いてもよい。そして、第1層4の場合と同様に、一般的なフォトリソグラフィ技術とCF<sub>4</sub>+H<sub>2</sub>を用いたRIE法により第2層5をパターン化する。この第2層5の絶縁材料としては、SiO<sub>2</sub>等の他の絶縁材料でも機能するが、特性上はAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜が優れている。Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を成膜した後で、大気中や真空中でプラズマ酸化させる方法であってもよい。絶縁トンネル層である第2層5のエッチングとしては、ウェットエッチングでもよいが、基板3もエッチングされてしまう場合には基板3の裏面側をレジストなどにより保護する必要がある。

【0041】また、基板3としては、石英以外の絶縁基板やPET（ポリエチレンテレフタレート）やポリイミドなどを利用したフレキシブル絶縁基板であってもよい。設計ルールによっては、フォトリソグラフィ工程によらず、最初から金属マスクを用いて成膜させる工程によってもよい。

【0042】この後、図4に示すように、絶縁トンネル層である第2層5の上に、第3層6としてFe-Co50膜をスパッタ法により成膜し、第1層4の場合と同様

交するパターンにパターン化する。この第3層6も第1層4の場合と同様にスピン偏磁率の高い材料であれば他の材料であってもよく、さらには、他の反強磁性膜を設けて交換相互層構造、即ち、スピンバルブ構造を採るようにしてもよい。

【0043】さらに、本実施の形態では、図5に示すように、第3層6上に磁界感知補助用軟磁性膜としての第4層7を形成するものである。この第4層7は第1層4の抗磁力よりも低い抗磁力を有し、かつ、異方性軸も第1層4の異方性軸とは独立するように形成されている。より具体的には、成膜条件を変えて作成したNi-Fe膜や、他の磁性材料であるCuMoパーマロイ膜やCoZrNbアモルファス膜などにより形成され、この際、成膜時の着磁方法を変更し、或いは、焼鈍条件を第1層4から第3層6までの成膜時と第4層7の成膜時とで変えることで、異方性軸を独立させるようにしている。本実施の形態では、第4層7は例えばCoZrNbアモルファス膜により形成されている。

【0044】このような構成の磁気検知素子1は第1層4と第4層7とを電極として磁気検知部8に対して膜面に垂直方向に電流を流した場合の電流の変化を微小電流計（図示せず）より検出する検知方式を採る。この検知動作において、当該磁気検知部8に対しては検知対象となる外部磁界が印加される。この場合、当該磁気検知素子1の一面に配されて、かつ成膜条件を変え、抗磁力が第1層4の抗磁力よりも低く設定しており、その異方性軸が第1層4の異方性軸とは、独立して、この場合、90°ずらして設定された第4層7（磁界感知補助用軟磁性膜）を備えているので、元々の抗磁力の差と磁性膜の容易軸と困難軸方向での磁化の差を利用でき、磁界感度が増し、さらに、MR変化に関しては第3層6が大きいことが知られており、センサとして最適な機能分離ができ、磁界感度を向上させることができる。即ち、高感度化を図ることができる。また、本実施の形態の磁気検知素子1によれば、基本的にTMR素子2を磁気検知部8に利用して構成されているので、センサの小型・軽量化を図ることができる上に、上述のように高感度に検知できるので、後述する方位検知システム等に適用すると、極めて効果的となる。

【0045】なお、本実施の形態では、磁気検知部8にTMR素子2を備えた構成としたが、TMR素子2に限らず、磁気検知部の膜面に対して垂直方向に電流を流す検知方式のGMR素子（巨大磁気抵抗効果素子）を利用する場合にも同様に構成できる。

【0046】本発明の第二の実施の形態を図6及び図7に基づいて説明する。第一の実施の形態で説明した部分と同一部分は同一符号を用いて示し、説明も省略する（以降の各実施の形態でも順次同様とする）。

【0047】本実施の形態の磁気検知素子11では、磁



(6)

特開 2002-207071

9

10

7a~7fで示す如く複数個(例えば、6個)に分割しつつ並列に配置させることで、磁気検知部8に関して、下層の第1層4を1本の共通電極として交差するアレイ状構成としたものである。第3層6も第4層7に対応してアレイ状構成とされている。結果として、各第4層7a~7f(各第3層)毎に第1層4との間でTMR素子を構成することとなる。

【0048】製造方法としては、第一の実施の形態の場合と同様に第1層4及び第2層5を形成した後、前述の場合と同様に、Fe-Co50膜をスパッタリング法により成膜し、さらに、CoZrNbアモルファス膜を成膜し、かつ、フォトリソグラフィ法により複数に分割するパターン化処理により第4層7a~7f(第3層も)を形成することにより作製される。

【0049】この場合の磁気検知素子11に対する検知回路構成例としては、図7に示すように、各々電極としても機能する各第4層7a~7fに対して第1層4との間には直流電源13が接続されているとともに、各第4層7a~7fに対してスイッチング回路14を介して微小電流計15が接続されており、スイッチング回路13のスイッチング動作により各検知点12a~12f毎に個別に第4層7a~7fでの磁性変化が個別のTMR素子のMR率の変化として確実かつ高感度に検知される。

【0050】従って、本実施の形態の磁気検知素子11によれば、検知点12a~12fが複数点としてアレイ状に配列されているので、第一の実施の形態の場合と同様の効果が得られる上に、利用用途を適宜広げることができる、より実用的となる。

【0051】本発明の第三の実施の形態を図8に基づいて説明する。本実施の形態の磁気検知素子21は、磁気検知部8、ここではTMR素子2の近傍に位置させて高透磁率層22をスパッタ法、CVD法、メッキ法或いはゾルゲル法で形成するようにしたものである。このような高透磁率層22の透磁率は100以上であることが望ましく、具体的には、CoZrNb膜、NiCoFe膜、FeNi膜等により形成される。また、製法としても、フォトリソ法、マスクデボ法、貼り合せ法なども適宜用い得る。そして、このような高透磁率層22は第4層7の磁界感知補助用軟磁性膜に電気的に接続された形で完成する。

【0052】本実施の形態の磁気検知素子21によれば、高透磁率層22が磁束シンクとして機能するので、より一層の高感度化を図ることができる。

【0053】本発明の第四の実施の形態を図9に基づいて説明する。本実施の形態の磁気検知素子31は、磁気検知部8の近傍に位置する高透磁率層22上にMn-Znフェライトブロックをダイシング加工したものをバルク型磁性体32として形成したものである。バルク型磁性体32としては、Mn-Znフェライトブロックをダ

【0054】一般に、バルク型磁性体は、磁性薄膜よりはるかに低い透磁率、抗磁率が実現できることが知られており、また、扱える磁束量も大きいことから飽和しにくい特性を有する。従って、本実施の形態の磁気検知素子31によれば、バルク型磁性体32を高透磁率層22上に有することにより、より一層の高感度化を図ることができる。

【0055】なお、バルク型磁性体32は必ずしも高透磁率層22上に形成する必要はなく、要は、磁気検知部8の近傍に形成されていればよい。

【0056】本発明の第五の実施の形態を図10に基づいて説明する。本実施の形態の磁気検知素子41は、磁界感知補助用軟磁性膜としての第4層42をTi、Ta、SiO<sub>2</sub>などの非磁性層(図示せず)を介して複数の軟磁性層(例えば、Co-Zr-Nb膜、Fe-Ni膜など)を積層させた積層構造として形成したものである。

【0057】本実施の形態の磁気検知素子41によれば、第4層(磁界感知補助用軟磁性膜)42が非磁性層を介して複数の軟磁性層の積層構造として形成されていることにより、還流磁区を形成することを防げるので、低ノイズ化と高周波化(即ち、高速サンプリング化)とを図ることができ、素子機能をより一層向上させることができる。

【0058】本発明の第六の実施の形態を図11に基づいて説明する。本実施の形態の磁気検知素子51は、例えば、Co-Zr-Nb膜、Fe-Ni膜などによる磁界感知補助用軟磁性膜としての第4層52の平面形状を楕円状の円形形状に形成したものである。なお、楕円形状に限らず、例えば、真円形状であってもよい。

【0059】本実施の形態の磁気検知素子51によれば、第4層(磁界感知補助用軟磁性膜)52が円形形状に形成されていることにより、静磁エネルギーをより小さくするようにできるので、磁荷の発生が少なくなり、磁区が安定化するため、低ノイズ化を実現できる。結果として、素子の高感度化を図ることができる。

【0060】本発明の第七の実施の形態を図12に基づいて説明する。本実施の形態の磁気検知素子61は、磁界感知補助用軟磁性膜としての第4層62をその長手方向に複数の部分62a、62b、…、62nに分割形成したものである。より具体的には、例えば、Fe-Ni膜による第4層(磁界感知補助用軟磁性膜)62を0.5μm×0.5μm程度の大きさの部分62a、62b、…、62nにより形成される。各部分62a、62b、…、62nがこの程度の大きさであれば、還流磁区の発生を抑制でき、ほぼ単磁区構成となるので、この結果、低ノイズ化を図ることができる。同時に、異方性も揃えやすくなり、素子の高感度化を図ることができる。

【0061】なお、図12に示したような完全分割構成



11

うに、その長手方向に複数の切り込み71a, 71b, ..., 71nを形成することにより、分割的な形状とした場合でも、還流磁区の発生を抑制でき、低ノイズ化を図ることができる。

【0062】本発明の第八の実施の形態を図14に基づいて説明する。本実施の形態の磁気検知素子81は、例えば、図8に示した構成の磁気検知素子21に加えて、その磁気検知部8の各磁性層（第1層4、第3層6、第4層7等）の磁化状態を所定の状態、ここでは、初期の状態に戻すためのリセット用磁界発生手段としてのリセット電流用配線部82が磁気検知部8及び高透磁率層22の近傍の全長以上に亘って形成されている。

【0063】このような構成の磁気検知素子81によれば、例えば、後述する方位検知システムに利用してその測定値に異常が生じたことが検知されたような場合に、このリセット電流用配線部82を通じてリセット電流を流し、磁気検知部8の各磁性層（第1層4、第3層6、第4層7等）の磁化状態を初期の状態に戻すことで、以降は正常に検知動作を行わせることが可能となる。即ち、一時的な強磁界の影響によるTMR素子2部分の増磁に伴う動作点の変化をキャンセルでき、キャンセル後は正常に機能させることができる。後述の地磁気検知用の方位検知システムへの適用の場合に限らず、通常の磁気センサとしての適用の場合にも有用となる。

【0064】なお、リセット用磁界発生手段としては、素子上に一体に設けたリセット電流用配線部82に限らず、例えば、図15に示すように、当該素子81を通過させることによりリセット用磁界を発生させる外部コイル83を利用するようにしてもよい。

【0065】本発明の第九の実施の形態を図16に基づいて説明する。本実施の形態は、前述した各実施の形態のような磁気検知素子を利用して構成した地磁気検知の方位検知システムへの適用例を示す。まず、例えば3つの磁気検知素子91a, 91b, 91c（前述した磁気検知素子1, 11, 21, 31, 41, 51, 61, 71, 81の何れの形態でもよい）をxyz3軸ベクトルの方向に独立して配置させた地磁気センサ92が設けられている。これらの磁気検知素子91a, 91b, 91cの検知出力はデータ取り込み部93を介して検知手段としての3磁気成分検知部94に入力されている。この3磁気成分検知部94は地磁気検知に関して、磁気検知素子91a, 91b, 91cの検知出力に基づき3軸ベクトル成分を検知する。一方、データ取り込み部93を介して取り込まれた磁気検知素子91a, 91b, 91cの検知出力に関してその絶対値を算出する絶対値演算部95と、この絶対値演算部95により算出された絶対値の大きさを予め設定されている比較地磁気強度に測定マージンを加味した閾値と比較する比較部96とによる異常検知手段97が設けられている。比較部96では算

(7)

特開2002-207071

12

結果に異常があると判断する。この比較部96の出力側には異常検知出力に基づき動作する報知手段としての警報部98が設けられている。

【0066】これにより、本実施の形態の方位検知システムによれば、測定値の地磁気強度に測定マージンを加味して予め設定されている閾値を超えるような大きさの検知結果が得られた場合には、警報部98を通じて測定値に異常がある旨を報知するので、誤った検知結果の利用を未然に防止できる。なお、より実際的には、3磁気成分検知部94から得られる検知結果とともに、この警報部98の出力も通信部99を通じて当該システムの使用者に通信によって通知するシステム構成とすればよい。

【0067】さらに、本システムを構築する上で、3つの磁気検知素子91a, 91b, 91cとして図14や図15に示した磁気検知素子81を利用するようにすれば、比較部96により検知結果に異常が検知された場合には、リセット電流用配線部82又は外部コイル83を利用してリセット手段（図示せず）によりリセット電流を流すことにより、磁気検知部8の磁化状態を初期状態にリセットするようにすれば、リセット以降は正常に地磁気検知動作を行わせることができる。

【0068】なお、本実施の形態の方位検知システムでは、3つの磁気検知素子91a, 91b, 91cを用いたが、3つ以上の磁気検知素子を3軸ベクトル以上の方向に独立に配置させて地磁気の方角検知を3軸以上のベクトル検知として行なうようにしてもよい。

【0069】

【発明の効果】請求項1記載の発明の磁気検知素子によれば、元々薄膜技術等を用いて作製されるトンネル磁気抵抗効果素子（TMR素子）又は巨大磁気抵抗効果素子（GMR素子）を用いるようにしたので、小型・軽量化を図ることができる上に、当該素子の一面に配されて抗磁力が磁性層の抗磁力よりも低く、かつ、その異方性軸が磁性層の異方性軸とは独立して設定された磁界感知補助用軟磁性膜を備えるので、抗磁力の差を利用することで磁力検知を機能分離して行なえることから、センサとしての磁界感度を向上させることができる。

【0070】請求項2記載の発明によれば、請求項1記載の発明を実現する上でアレイ化を簡単に図ることができる。利用用途を広げることができる。

【0071】請求項3記載の発明によれば、請求項1又は2記載の磁気検知素子において、磁界感知補助用軟磁性膜に接続された高透磁率層を磁気検知部近傍に有するので、高透磁率層が磁束シンクとして機能し、より一層の高感度化を図ることができる。

【0072】請求項4記載の発明によれば、請求項1, 2又は3記載の磁気検知素子において、磁性薄膜よりはるかに低い透磁率、抗磁率が実現でき、また、扱える磁

( 8 )

特開2002-207071

13

型磁性体を磁気検知部近傍に有するので、より一層の高感度化を図ることができる。

【0073】請求項5記載の発明によれば、請求項3記載の磁気検知素子において、バルク型磁性体を磁気検知部近傍の高透磁率層上に有するので、より一層の高感度化を図ることができる。

【0074】請求項6記載の発明によれば、請求項1ないし5の何れか一記載の発明を実現する上で、非磁性層上に、複数の軟磁性層の積層構造として磁界感知補助用軟磁性膜を形成するようにしたので、還流磁区を形成することを防ぐことができ、よって、低ノイズ化と高周波化（高周波サンプリング化）を図ることができ、素子能力をより一層向上させることができる。

【0075】請求項7記載の発明によれば、請求項1ないし6の何れか一記載の発明を実現する上で、磁界感知補助用軟磁性膜を平面形状が円形状としたので、静磁エネルギーをより小さくするようにできるので、磁荷の発生が少なくなり、磁区の安定を見込めることから、低ノイズ化ないし高感度化を図ることができ、素子能力をより一層向上させることができる。

【0076】請求項8記載の発明によれば、請求項1ないし6の何れか一記載の発明を実現する上で、磁界感知補助用軟磁性膜を複数の部分に分割して形成するようにしたので、個々の大きさを小さくすれば還流磁区の発生を抑制でき、低ノイズ化を実現でき、さらには、異方性を揃えて一層の高感度化を図ることができる。

【0077】請求項9記載の発明によれば、請求項1ないし6の何れか一記載の発明を実現する上で、磁界感知補助用軟磁性膜を複数の切り込みにより分割状に形成するようにしたので、個々の大きさを小さくすれば還流磁区の発生を抑制でき、低ノイズ化を実現でき、さらには、異方性を揃えて一層の高感度化を図ることができる。

【0078】請求項10記載の発明によれば、請求項1ないし9の何れか一記載の磁気検知素子において、例えば一時的な強磁界の影響による磁気検知部の着磁で動作点に変化して誤った検知を行なうようなケースでも、リセット用磁界発生手段を利用して磁気検知部の磁化状態を所定の状態に戻すことができるようにしたので、それ以降、正常な検知動作を行わせることができる。

【0079】請求項11記載の発明によれば、磁気検知部近傍に一体に形成されたりセット電流用配線部を利用することで、請求項10記載の発明を容易に実現することができる。

【0080】請求項12記載の発明によれば、磁気検知部に対してリセット磁界を発生させる外部コイルを利用することで、請求項10記載の発明を容易に実現することができる。

【0081】請求項13記載の発明の方位検知システム

14

適用した場合、基本的には、3軸ベクトル以上の方向に独立して配置された高感度な請求項1ないし12の何れか一記載の磁気検知素子の検知出力に基づき検知される3軸以上のベクトルが利用されるが、この際、磁気検知素子の検知出力の絶対値を測定済みの地磁気強度に測定マージンを加味した閾値との比較により検知結果に異常があるか否かを判断しており、異常が検知された場合にはその旨を報知させることで、誤った検知結果の利用を未然に防止することができる。

10 【0082】請求項14記載の発明の方位検知システムによれば、基本的には請求項13記載の発明と同様であるが、特に、検知結果に異常が検知された場合には、リセット用磁界発生手段にリセット電流を流して磁気検知部の磁化状態を所定の状態に戻してリセットすることで、それ以降の誤った検知動作を回避することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第一の実施の形態を示す第1層が成膜された基板の縦断正面図である。

20 【図2】第1層のパターン形状を示し、(a)は平面図、(b)は縦断正面図である。

【図3】第1層上に成膜された第2層のパターン形状を示し、(a)は平面図、(b)は縦断正面図である。

【図4】第2層上に成膜された第3層のパターン形状を示し、(a)は平面図、(b)は縦断正面図である。

【図5】第3層上に成膜された第4層のパターン形状を示し、(a)は平面図、(b)は縦断正面図である。

【図6】本発明の第二の実施の形態の磁気検知素子を示し、(a)は平面図、(b)は縦断正面図である。

30 【図7】測定回路を示す平面図である。

【図8】本発明の第三の実施の形態の磁気検知素子を示し、(a)は平面図、(b)は縦断正面図である。

【図9】本発明の第四の実施の形態の磁気検知素子を示し、(a)は平面図、(b)は縦断正面図である。

【図10】本発明の第五の実施の形態の磁気検知素子を示し、(a)は平面図、(b)は縦断正面図である。

【図11】本発明の第六の実施の形態の磁気検知素子を示す平面図である。

40 【図12】本発明の第七の実施の形態の磁気検知素子を示す平面図である。

【図13】その変形例の磁気検知素子を示す平面図である。

【図14】本発明の第八の実施の形態の磁気検知素子を示す平面図である。

【図15】その変形例の磁気検知素子を示す平面図である。

【図16】本発明の第九の実施の形態の方位検知システムを示す概略システム構成図である。

【符号の説明】

(9)

特開2002-207071

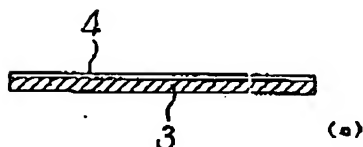
15

- 2 トンネル磁気効果抵抗素子
- 3 磁性層
- 7 磁界感知補助用軟磁性膜
- 8 磁気検知部
- 11 磁気検知素子
- 21 磁気検知素子
- 22 高透磁率層
- 31 磁気検知素子
- 32 パルク型磁性体
- 41 磁気検知素子
- 42 磁界感知補助用軟磁性膜
- 51 磁気検知素子

16

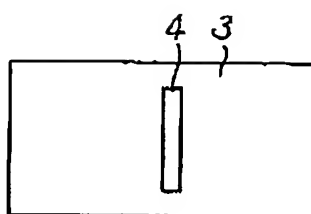
- 52 磁界感知補助用軟磁性膜
- 61 磁気検知素子
- 62 磁界感知補助用軟磁性膜
- 62 a, 62 b, ..., 62 n 部分
- 71 磁気検知素子
- 72 磁界感知補助用軟磁性膜
- 72 a, 72 b, ..., 72 n 切り込み
- 81 磁気検知素子
- 91 磁気検知素子
- 10 94 検知手段
- 97 異常検知手段
- 98 報知手段

【図1】

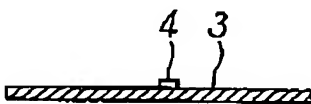


(a)

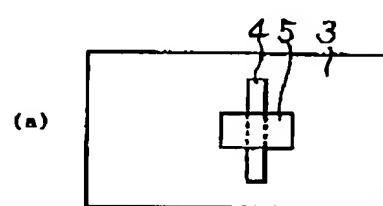
【図2】



(b)



【図3】

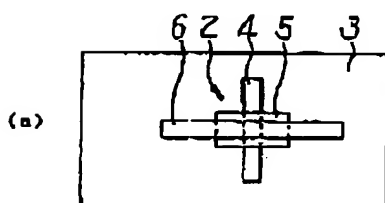


(a)

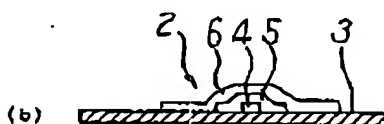


(b)

【図4】

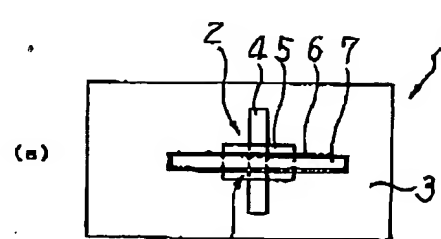


(a)

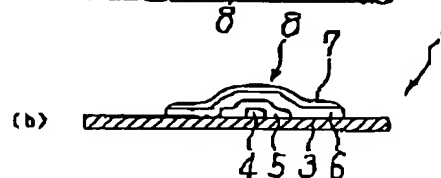


(b)

【図5】

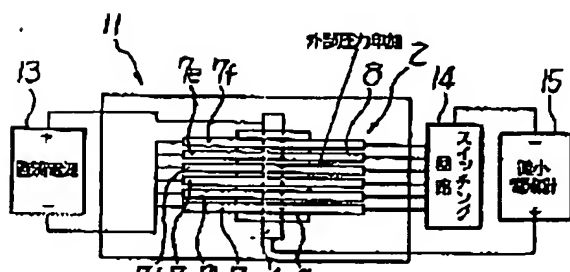


(a)

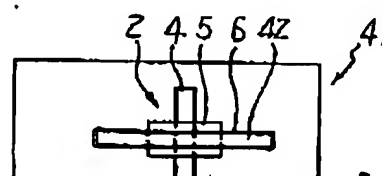


(b)

【図7】



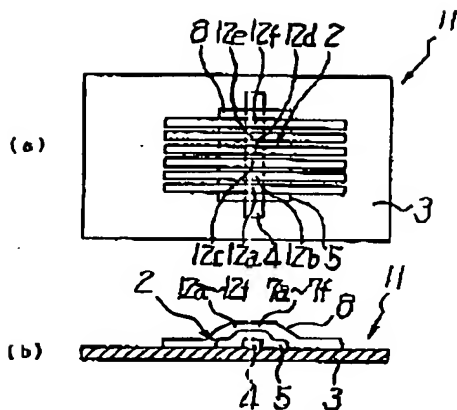
【図10】



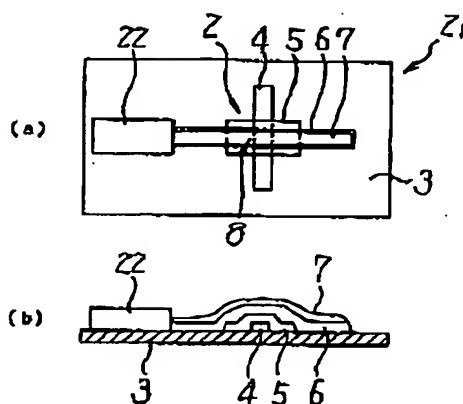
(10)

特開2002-207071

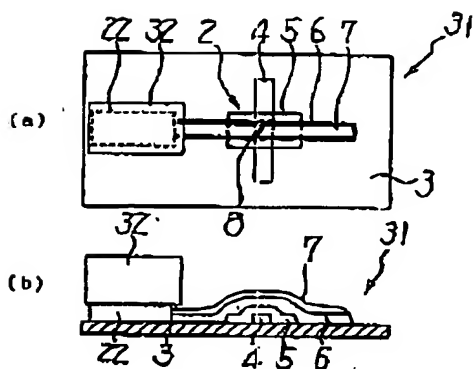
【図6】



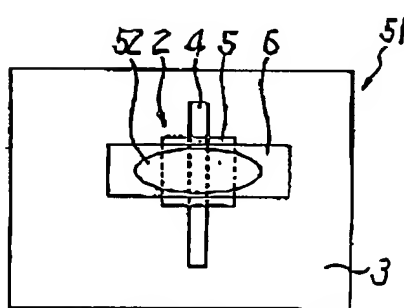
【図8】



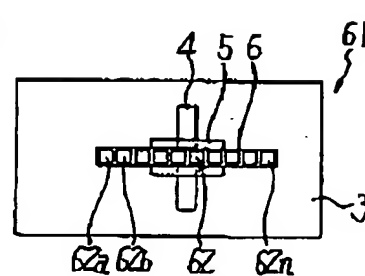
【図9】



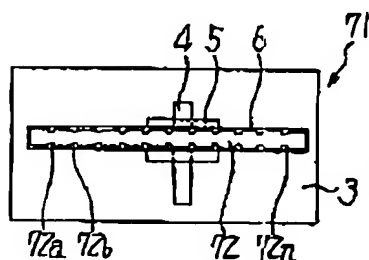
【図11】



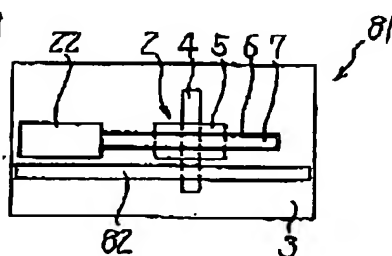
【図12】



【図13】



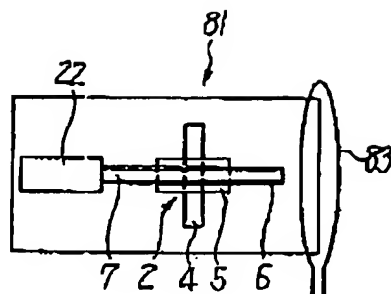
【図14】



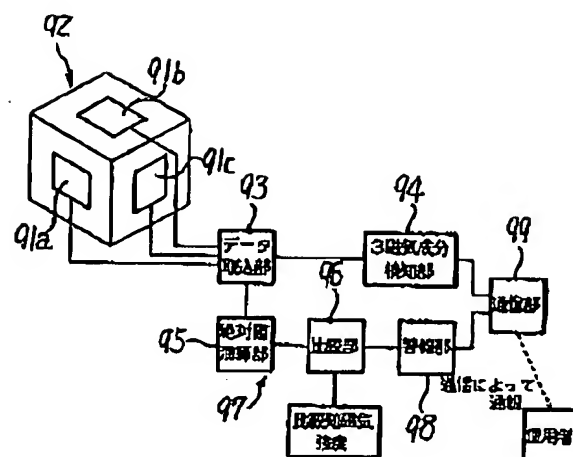
(11)

特開2002-207071

【図15】



【図16】



[Kind of document] SPECIFICATION

[Title of the Invention]

Magnetic sensing element and direction sensing system using  
said element

[Claims for the Invention]

[Claim 1] A flat plate-shaped magnetic sensing element which  
uses a tunnel magnetic resistance effect element having a magnetic  
layer or a giant magnetic resistance effect element, and in which  
a magnetic sensing portion allows a current to flow in a direction  
perpendicular to its film surface,

comprising a soft magnetic film for assisting magnetic field  
sensing provided on one surface of said element, and having an  
anti-magnetic force lower than the anti-magnetic force of said  
magnetic layer, and having an anisotropic axis set independently  
from the anisotropic axis of said magnetic layer.

[Claim 2] A magnetic sensing element according to claim  
1, wherein said soft magnetic film for assisting magnetic field  
sensing is separated into plural magnetic films which are  
independently formed into an array in said magnetic sensing portion,  
and said magnetic layer is formed as one common electrode intersecting  
with said plural magnetic films.

[Claim 3] A magnetic sensing element according to claim  
1 or 2, wherein a high magnetic permeability layer is disposed in  
the vicinity of said magnetic sensing portion, and is connected  
to said soft magnetic film for assisting magnetic field sensing.

[Claim 4] A magnetic sensing element according to claim 1, 2, or 3, wherein a bulk type magnetic body is provided in the vicinity of said magnetic sensing portion.

[Claim 5] A magnetic sensing element according to claim 3, wherein a bulk type magnetic body is provided on said high magnetic permeability layer.

[Claim 6] A magnetic sensing element according to any one of claims 1 to 5, wherein said soft magnetic film for assisting magnetic field sensing is formed as a laminated structure of plural soft magnetic layers on a non-magnetic layer.

[Claim 7] A magnetic sensing element according to any one of claims 1 to 6, wherein a flat plane of said soft magnetic film for assisting magnetic field sensing is formed into a disc shape.

[Claim 8] A magnetic sensing element according to any one of claims 1 to 6, wherein said soft magnetic film for assisting magnetic field sensing is divided into plural portions.

[Claim 9] A magnetic sensing element according to any one of claims 1 to 6, wherein said soft magnetic film for assisting magnetic field sensing is formed with plural notches.

[Claim 10] A magnetic sensing element according to any one of claims 1 to 9, comprising magnetic field generating means for resetting that returns the magnetized state of said magnetic sensing portion to a predetermined state.

[Claim 11] A magnetic sensing element according to claim 10, wherein said magnetic field generating means for resetting includes a wire portion for reset current integrally formed in the vicinity of said magnetic sensing portion.



[Claim 12] A magnetic sensing element according to claim 10, wherein said magnetic field generating means for resetting includes an external coil for allowing said magnetic sensing portion to generate a reset magnetic field.

[Claim 13] A direction sensing system comprising:  
plural magnetic sensing elements according to any one of claims 1 to 12 located independently in directions of 3 axes vectors or more and intended for use in sensing earth's magnetism,  
sensing means for sensing vectors of three axes or more based on the sensing outputs from said magnetic sensing elements,  
abnormality sensing means for determining whether or not there is abnormality in the result of sensing based on an absolute value of sensing output from said magnetic sensing elements and a threshold value set beforehand, and

announcing means for announcing that abnormality has been sensed by the abnormality sensing means.

[Claim 14] A direction sensing system comprising:  
plural magnetic sensing elements according to any one of claims 10, 11, and 12 located independently in directions of 3 axes vectors or more and intended for use in sensing earth's magnetism,  
sensing means for sensing vectors of three axes or more based on the sensing outputs from said magnetic sensing elements,  
abnormality sensing means for determining whether or not there is abnormality in the result of sensing based on an absolute value of sensing output from said magnetic sensing elements and a threshold value set beforehand,

announcing means for announcing that abnormality has been sensed by the abnormality sensing means, and

resetting means for allowing a reset current to flow into said magnetic field generating means for resetting in order that said magnetized state of said magnetic sensing portions to a predetermined state when abnormality has been sensed by said abnormality sensing means.

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of Industrial Application]

The present invention relates to a magnetic sensing element such as earth's magnetic sensor for use in magnetic measurement and navigation, and a direction sensing system using said element.

[0002]

[Prior Art]

Conventionally, as magnetic sensors of this type, a magneto-resistance effect element (MR element), magnetic impedance element (MI element), flux gate sensor, semiconductor hole effect sensor, etc. are known. Among them, according to an MI sensor which has recently been developed, the use of a magneto-resistance element referred to as an MI element enables reduction in film thickness and downsizing of the sensor, and thus, improvements in the MI element have intensively been made in recent years. Further, in the case of MI element, the magnetic field intensity can be sensed from the change in the magnetic field of the high frequency impedance resulted from the high frequency current applied to the MR element.

[0003]

As magnetic sensing means or method that specifically utilizes the element such as described above, there are proposals as below, for example.

[0004]

For example, Japanese Laid-Open Patent Publication No. 6-176930 proposes a highly sensitive sensor with improved sensitivity resulted from annealing in a state where a direct current or a current which changes with the elapse of time is applied to the magnetic line of a magnetic inductance element. Further, Japanese Laid-Open Patent Publication No. 6-253573 proposes a current detecting circuit which can be controlled with high accuracy by detecting a motor driving current by use of a magnetic inductance sensor. Japanese Laid-Open Patent Publication No. 7-1812399 proposes a magnetic impedance element capable of sensing the applied current passed therethrough without a need of a bridge circuit by changing the current into high frequency. Japanese Laid-Open Patent Publication No. 9-318719 proposes a magnetic sensor circuit in which a magnetic impedance element is connected within an oscillating circuit to enhance sensitivity. Japanese Laid-Open Patent Publication No. 10-307145 proposes a tire rotational speed sensing device for sensing a differential in a residual magnetism of the tire steel belt from the outside by a lead plate constituted by a pair of magnetic sensor and a magnetic body. Further, Japanese Laid-Open Patent Publication No. 11-109006 proposes a magnetic impedance sensor in which a high-frequency current is allowed to flow through a sensor portion, and a negative feedback coil is provided to an element of which

change in impedance at this time is proportional to a magnetic field intensity, thereby enhancing the linearity of the output with respect to the magnetic field.

[0005]

[Problems which the Invention Solves]

However, it cannot be said that the conventional magnetic sensors such as described above have achieved sufficient levels of downsizing, weight reduction, and sensing ability, and there is much room for improvement.

[0006]

An objective of the present invention is to provide a magnetic sensing element small in size and light in weight with high sensitivity.

[0007]

In addition, another objective of the present invention is to provide a direction sensing system capable of enhancing the accuracy in sensing earth's magnetism by utilizing the above-mentioned magnetic sensing element and effective for use in a navigation system etc.

[0008]

[Means by which the Problem is Solved]

The invention recited in claim 1 is directed for a flat plate-shaped magnetic sensing element which uses a tunnel magnetic resistance effect element having a magnetic layer or a giant magnetic resistance effect element, and in which a magnetic sensing portion allows a current to flow in a direction perpendicular to its film surface, including a soft magnetic film for assisting magnetic field

sensing provided on one surface of said element, and having an anti-magnetic force lower than the anti-magnetic force of said magnetic layer, and having an anisotropic axis set independently from the anisotropic axis of said magnetic layer.

[0009]

Therefore, by using a tunnel magnetic resistance effect element (TMR element) which is originally manufactured using a thin film technique etc. or a giant magnetic resistance effect element (GMR element), downsizing and weight reduction of the magnetic sensing element can be achieved. In addition, since said element includes on its one surface a soft magnetic film for assisting magnetic field sensing having the anti-magnetic force lower than the anti-magnetic force of the magnetic layer and having the anisotropic axis set independently from the anisotropic axis of the magnetic layer, the magnetic force can be sensed in the separated functions by utilizing a difference in anti-magnetic forces, the magnetic field sensitivity as the sensor can be enhanced. The soft magnetic film for assisting magnetic field sensing may be formed either the upper surface or bottom surface as far as it is formed on one of the surfaces of said element.

[0010]

The invention recited in claim 2 is directed for a magnetic sensing element according to claim 1, wherein said soft magnetic film for assisting magnetic field sensing is separated into plural magnetic films which are independently formed into the shape of array in said magnetic sensing portion, and said magnetic layer

is formed as one common electrode intersecting with said plural magnetic films.

[0011]

Therefore, in realizing the invention recited in claim 1, the element can be easily constructed into an arrayed structure, and its use application can be widened.

[0012]

The invention recited in claim 3 is directed for a magnetic sensing element according to claim 1 or 2, wherein a high magnetic permeability layer is disposed in the vicinity of said magnetic sensing portion, and is connected to said soft magnetic film for assisting magnetic field sensing.

[0013]

Therefore, since a high magnetic permeability layer connected to said soft magnetic film for assisting magnetic field sensing is disposed in the vicinity of said magnetic sensing portion, the high magnetic permeability layer serves as a magnetic flux sink, and as a result, higher sensitivity can be achieved.

[0014]

The invention recited in claim 4 is directed for a magnetic sensing element according to claim 1, 2, or 3, wherein a bulk type magnetic body is provided in the vicinity of said magnetic sensing portion.

[0015]

Therefore, since there is provided, in the vicinity of the magnetic sensing portion, the bulk type magnetic body capable of achieving magnetic permeability and magnetic resistance rate

extremely lower than those achieved by a thin magnetic film, and capable of handling a large amount of magnetic flux and thus hard to saturate, further higher sensitivity can be achieved.

[0016]

The invention recited in claim 5 is directed for a magnetic sensing element according to claim 3, wherein a bulk type magnetic body is provided on said high magnetic permeability layer.

[0017]

Therefore, since the bulk type magnetic body is provided on the high magnetic permeability layer in the vicinity of the magnetic sensing portion, much higher sensitivity can be achieved.

[0018]

The invention recited in claim 6 is directed for a magnetic sensing element according to any one of claims 1 to 5, wherein said soft magnetic film for assisting magnetic field sensing is formed as a laminated structure of plural soft magnetic layers on a non-magnetic layer.

[0019]

Therefore, in realizing the invention of any one of claims 1 to 5, by forming a soft magnetic film for assisting magnetic field sensing as a laminated structure of plural soft magnetic layers on a non-magnetic layer, a formation of closure domain can be prevented, and noise reduction and high frequency (that is, high speed sampling) can be achieved, thereby further enhancing the performance of element.

[0020]



The invention recited in claim 7 is directed for a magnetic sensing element according to any one of claims 1 to 6, wherein a flat plane of said soft magnetic film for assisting magnetic field sensing is formed into a disc shape.

[0021]

Therefore, in realizing the invention recited in any one of claims 1 to 6, since the flat plane of the soft magnetic film for assisting magnetic field sensing is formed into a disc shape (complete round shape, elliptically round shape, etc.), magnetostatic energy can be further reduced. Thus, the generation of magnetic charge is reduced and the stabilization of the magnetic domain can be expected, thereby reducing noises or enhancing sensitivity. As a result, the performance of the element can be further enhanced.

[0022]

The invention recited in claim 8 is directed for a magnetic sensing element according to any one of claims 1 to 6, wherein said soft magnetic film for assisting magnetic field sensing is divided into plural portions.

[0023]

Therefore, in realizing the invention recited in any one of claims 1 to 6, by forming the soft magnetic film for assisting magnetic field sensing into plural divided portions, if the individual portions are made into small sizes, the generation of closure domain can be suppressed and noise reduction can be achieved. In addition, further enhanced sensitivity can be achieved by adjusting the anisotropies into the same alignment.

--

[0024]

The invention recited in claim 9 is directed for a magnetic sensing element according to any one of claims 1 to 6, wherein said soft magnetic film for assisting magnetic field sensing is formed with plural notches.

[0025]

Therefore, in realizing the invention recited in any one of claims 1 to 6, by forming the soft magnetic film for assisting magnetic field sensing into divided shape by plural notches, if the individual portions are made into small sizes, the generation of closure domain can be suppressed, and noise reduction can be achieved. In addition, further enhanced sensitivity can be achieved by arranging the anisotropies into the same alignment.

[0026]

The invention recited in claim 10 is directed for a magnetic sensing element according to any one of claims 1 to 9, comprising magnetic field generating means for resetting that returns the magnetized state of said magnetic sensing portion into a predetermined state.

[0027]

Therefore, for example, even in the case where the magnetic sensing portion is magnetized due to a temporary influence of ferromagnetic field and the operation point changes to cause an erroneous sensing, the magnetized state of the magnetic sensing portion can be returned to a predetermined state by use of the magnetic field generating means for resetting. Thereafter, a normal sensing operation of the magnetic sensing element is enabled.

[0028]

The invention recited in claim 11 is directed for a magnetic sensing element according to claim 10, wherein said magnetic field generating means for resetting includes a wire portion for reset current integrally formed in the vicinity of said magnetic sensing portion.

[0029]

Therefore, by utilizing a wiring portion for reset current integrally formed in the vicinity of the magnetic sensing portion, the invention recited in claim 10 can easily be realized.

[0030]

The invention recited in claim 12 is directed for a magnetic sensing element according to claim 10, wherein said magnetic field generating means for resetting includes an external coil for allowing said magnetic sensing portion to generate a reset magnetic field.

[0031]

Therefore, by utilizing an external coil for allowing the magnetic sensing portion to generate reset magnetic field, the invention recited in claim 10 can easily be realized.

[0032]

The invention recited in claim 13 is directed for a direction sensing system including: plural magnetic sensing elements according to any one of claims 1 to 12 located independently in directions of 3 axes vectors or more and intended for use in sensing earth's magnetism, sensing means for sensing vectors of three axes or more based on the sensing outputs from said magnetic sensing elements, abnormality sensing means for determining whether or not there is

abnormality in the result of sensing based on an absolute value of sensing output from said magnetic sensing elements and a threshold value set beforehand, and announcing means for announcing that abnormality has been sensed by the abnormality sensing means.

[0033]

Therefore, when the invention is applied to a direction sensing system intended for sensing earth's magnetism, basically, three axes vectors or more of which are sensed based on the sensing outputs of the magnetic sensing elements independently arranged in the directions of vectors of three or more axes and having high sensitivity according to any one of claims 1 to 12 are utilized. At this time, the absolute value of the sensing output of the magnetic sensing element is compared with a threshold value obtained by adding a measurement margin to the measured earth's magnetic intensity so as to determine whether or not the sensing result has abnormality. If abnormality is sensed, the occurrence of the abnormality is announced, so that the use of erroneous sensing result can be prevented before it is actually used.

[0034]

The invention recited in claim 14 is directed for a direction sensing system including: plural magnetic sensing elements according to any one of claims 10, 11, and 12 located independently in directions of 3 axes vectors or more and intended for use in sensing earth's magnetism, sensing means for sensing vectors of three axes or more based on the sensing outputs from these magnetic sensing elements, abnormality sensing means for determining whether or not there is abnormality in the result of sensing based on an absolute value

of sensing output from said magnetic sensing elements and a threshold value set beforehand, announcing means for announcing that abnormality has been sensed by the abnormality sensing means, and resetting means for allowing a reset current to flow through said magnetic field generating means for resetting in order that said magnetized state of said magnetic sensing portions to a predetermined state when abnormality has been sensed by said abnormality sensing means.

[0035]

Therefore, the invention recited in claim 14 is basically the same as the invention recited in claim 13, except that especially if abnormality in the sensing result is sensed, a reset current is allowed to flow through magnetic field generating means for resetting to return the magnetized state of the magnetic sensing portion to a predetermined state so as to reset the magnetic sensing portion. In this manner, an erroneous sensing operation can be avoided thereafter.

[0036]

[Embodiments]

A first embodiment of the present invention will be described based on Figs. 1 to 5. A magnetic sensing element 1 of this embodiment uses a TMR element (tunnel magnetic resistance effect element) 2 in a magnetic sensing portion. Basically, as shown in Fig. 5, the magnetic sensing element 1 is formed of a TMR element 2 at a magnetic sensing portion 8. That is, the TMR element 2 includes a junction structure with a predetermined pattern including a first layer 4 laminated on an insulating substrate 3, a second layer 5 made of

an insulating film, a third layer 6, and a fourth layer 7, and is structured so that a tunnel current flows from the first layer 4 to the third layer 6 via the second layer 5. Here, the fourth layer 7 serves as a soft-magnetic film for assisting magnetic field sensing, and the third layer 6 serves as a magnetic layer, and the first layer 4 serves as both a magnetic layer and an electrode.

[0037]

The TMR element to be utilized in this embodiment utilizes a phenomenon which has been recently found out, that is, a phenomenon so-called a ferromagnetic tunnel effect which is formed by a junction structure of a ferromagnetic body, an insulating film, and another ferromagnetic body and exhibits tunnel effect depending on the relative angle between the magnetisms of these ferromagnetic bodies. For example, as are also described in Japanese Laid-Open Patent Publications Nos. 10-91925 and 10-255231, L. Maekawa and V. Gafvert et al. have theoretically and experimentally demonstrated in IEEE Trans. Magn., MAG-18, 707 (1982) that a tunnel effect appears depending on the relative angle of the magnetism of both magnetic layers in the binding of the magnetic body/insulating body/another magnetic body.

[0038]

A detailed structure related to the magnetic sensing element 1 including such a TMR element 2 will be described including a method for manufacturing the same. First of all, as is shown in Fig. 1, on an insulating substrate made of quartz, glass, etc. or a substrate 3 such as Si substrate formed with an insulating layer, a Fe<sub>20</sub>-Ni<sub>80</sub> film of general non-magnetostriction composition is sputtered into

a thickness of  $0.1\mu\text{m}$  as a first layer 4. The Fe20-Ni80 film itself is a magneto-resistance effect element film. However, the first layer 4 may be a film other than Fe20-Ni80 film as far as it is a magnetic member having high spin partial magnetic rate. A magnetic property such as anti-magnetic force may be selected in accordance with target magnetic field intensity. The Fe20-Ni80 film can alternatively be manufactured by plating. Although the thickness of the first layer 4 is set to  $0.1\mu\text{m}$ , the film thickness may be properly set in accordance with sensitivity and other required conditions.

[0039]

Next, as shown in Fig. 2, the first layer 4 is patterned by a general photolithography technique employed in a semiconductor manufacturing process and an RIE method using  $\text{CF}_4+\text{H}_2$  (reactive ion-etching method). Here, the first layer 4 is patterned into a linear shape for allowing the first layer 4 to serve as one of the electrodes of the TMR element 2 and having a size of  $10\mu\text{m}$  in width x  $1\text{mm}$  in length for allowing it to serve as a magnet-resistance effect element. It is a matter of course that the dimension and shape may be properly changed in accordance with the application. Further the etching may be wet-etching. In such a case, aqua regia may be used as etchant.

[0040]

Subsequently, as is shown in Fig. 3, an  $\text{Al}_2\text{O}_3$  film is formed as an insulating tunnel layer of the second layer 5 onto the first film 4 by sputtering. Alternatively, the film may be formed by the EB method (electron beam method) or the CVD method (chemical vapor



deposition). Then, as is the case of the first layer 4, the second layer 5 is patterned by a general photolithography technique and an RIE method using  $\text{CF}_4 + \text{H}_2$ . As an insulating material for the second layer 5, an  $\text{Al}_2\text{O}_3$  film is excellent in terms of its property, although other insulating material such as  $\text{SiO}_2$  etc. is acceptable. In an alternative method, a film of Al is formed and then is oxidized by plasma in the air or in vacuum. The second layer 5 which is an insulating tunnel layer may be wet-etched; however, in this case, if the substrate 3 will also be etched, it is required to protect the back surface of the substrate by a resist.

[0041]

The substrate 3 may alternatively be an insulating substrate other than that of quartz, or a flexible insulating substrate utilizing a PET (polyethylene terephthalate) or a polyimide. If the design rule allows, it is possible to form a film using a metallic mask from the beginning without performing photolithography.

[0042]

Subsequently, as is shown in Fig. 4, on the second layer 5 which is an insulating tunnel layer, a Fe-Co50 film is formed as a third layer 6 by sputtering, and is patterned by photolithography as is the case of the first layer 4 into a pattern orthogonal to the pattern of first layer 4. As is the case of the first layer 4, this third layer 6 may be formed of other material as far as it is a material having high spin polarizing rate. Further alternatively, the third layer 6 may be formed with other anti-ferromagnetic film to constitute an exchange interaction layered structure, that is, a spin-valve structure.

[0043]

Further, in this embodiment, as shown in Fig. 5, the fourth layer 7 as a soft magnetic film for assisting magnetic force sensing is formed on the third layer 6. The fourth layer 7 has anti-magnetic force smaller than the anti-magnetic force of the first layer 4, and its anisotropic axis is structured so as to be independent from the anisotropic axis of the first layer 4. More specifically, the fourth layer 7 is made of Ni-Fe film created under different film formation conditions, or CuMo permalloy film, which is another magnetic material, or CoZrNb amorphous film. At this time, the anisotropic axis is made to be independent by changing the magnetizing method at the time of film formation, or employing different annealing conditions between the film formations of the first layer 4 to the third layer 6 and the film formation of the fourth layer 7. In this embodiment, the fourth layer 7 is made of CoZrNb amorphous film, for example.

[0044]

Thus-structured magnetic sensing element 1 employs a sensing method that detects by a minute current meter (not shown) the change in the current at the time when the current is applied to the magnetic sensing portion 8 in a direction perpendicular to the film surface using the first layer 4 and the fourth layer 7 as electrodes. In this sensing operation, an external magnetic field which is a target to be sensed is applied to said magnetic sensing portion 8. In this case, since there is provided the fourth layer 7 (soft magnetic film for assisting magnetic field sensing) provided on one surface of said magnetic sensing element 1, formed under different film forming

conditions; having anti-magnetic force set to be lower than the anti-magnetic force of the first layer 4; having anisotropy independent from the anisotropic axis of the first layer 4, and in this case, shifted by  $90^\circ$ , it is possible to utilize a difference in original anti-magnetic forces and a difference in magnetizations of the easy axis direction and the difficult axis direction of the magnetic film. Thus, the magnetic field sensitivity is enhanced. Further, it is known that the third layer 6 exhibits large MR changes. This enables the optimum separation of the sensor functions, thereby enhancing the magnetic field sensitivity. That is, high sensitivity is achieved. Further, according to the magnetic sensing element 1 of this embodiment, since the element 1 is basically structured by utilizing the TMR element 2 in the magnetic sensing portion 8, the downsizing and weight reduction of the sensor can be achieved. In addition, since detection with high sensitivity is enabled, the element 1 is extremely effective in applying a direction sensing system etc. which will be described later.

[0045]

In this embodiment, the TMR element 2 is provided in the magnetic sensing portion 8. However, the present invention is not limited to the magnetic sensing element 1 provided with the TMR element 2, but the magnetic sensing element 1 can be similarly structured by using a GMR element (giant magnetic resistance effective element) in a sensing method that allows a current to flow in a direction perpendicular to the film surface of the magnetic sensing portion.

[0046]

A second embodiment of the present invention will be described based on Figs. 6 and 7. The same constituent elements as those described in the first embodiment will be denoted by the same reference numerals, and the descriptions thereof will be omitted (and the same thing is applied to each of the embodiments hereinafter).

[0047]

In a magnetic sensing element 11 of this embodiment, the fourth layer 7 which serves as a soft magnetic film for assisting magnetic field sensing is divided into plural pieces (for example, in six pieces) as is shown by the reference numerals 7a to 7f which are arranged in parallel to each other. As a result, in the magnetic sensing portion 8, the fourth layer 7 is in an array-like structure in which its divided strips 7a to 7f intersect with the first layer 4 located beneath them and uses it as one common electrode. The third layer 6 is also structured into the form of an array corresponding to the fourth layer 7. As a result, the divided strips 7a to 7f of the fourth layer 7 (each third layer) individually constitute a TMR element with the first layer 4.

[0048]

The strips 7a to 7f of the fourth layer 7 (and the third layer also) are manufactured in the following manner. That is, after the first layer 4 and the second layer 5 are formed in the same manner as of the first embodiment, an Fe-Co50 film is formed by sputtering as in the same manner described above. Then, a Co<sub>2</sub>xNb amorphous film is further formed thereon, and then is patterned to be divided into a plurality by photolithography.

[0049]

In this case, an exemplary configuration as follows. That is, as shown in Fig. 7, a direct current power supply 13 is connected to the individual strips 7a to 7f of the fourth layer which individually serve also as an electrode. In addition, a minute current meter 15 is also connected to the individual strips 7a to 7f of the fourth layer via a switching circuit 14. By the switching operation of the switching circuit 13, the changes in magnetism at individual strips 7a to 7f of the fourth layer are sensed as MR rates of individual TMR elements at each of sensing points 12a to 12f with reliability and high sensitivity.

[0050]

Therefore, according to the magnetic sensing element 11 of this embodiment, since the sensing points 12a to 12f are arranged into the form of array as plural points, the same effect as of the first embodiment can be obtained. In addition, the magnetic sensing element 11 can be used in wider applications and thus becomes more practicable.

[0051]

A third embodiment of the present invention will be described based on Fig. 8. A magnetic sensing element 21 of this embodiment is structured so that a high magnetic transparency layer 22 is located in a magnetic sensing portion 8, and in this embodiment, in the vicinity of the TMR element 2 by sputtering, CVD, plating, or sol-gel method. Such a high magnetic transparency layer 22 preferably has a magnetic permeability of 100 or higher, and specifically, is made of CoZrNb film, NiCoFe film, FeNi film, or the like. Alternatively, as the manufacturing method, photolithography, mask deposition,

and lamination may be employed if necessary. Thus-formed high magnetic permeability layer 22 is completed into the form where it is electrically connected to a soft magnetic film for assisting magnetic field sensing.

[0052]

According to the magnetic sensing element 21 of this embodiment, since the high magnetic permeability layer 22 serves as a magnetic flux sink, higher sensitivity can be achieved.

[0053]

A fourth embodiment of the present invention will be described based on Fig. 9. A magnetic sensing element 31 of this embodiment has a structure in which an Mn-Zn ferrite block is diced on a high-magnetic permeability layer 22 located in the vicinity of a magnetic sensing portion 8 to be a bulk type magnetic body 32. The bulk type magnetic body 32 is not necessarily limited to the diced Mn-Zn ferrite block.

[0054]

In general, it is known that a bulk type magnetic body is capable of achieving magnetic permeability and magnetic resistance rate extremely lower than those achieved by a thin magnetic film, and in addition, is capable of handling a large amount of magnetic flux and thus is hard to saturate. Therefore, according to the magnetic sensing element 31 of this embodiment, the presence of the bulk type magnetic body 32 on the high magnetic permeability layer 22 achieves higher sensitivity.

[0055]

The bulk type magnetic body 32 is not necessarily required to be formed on the high magnetic permeability layer 22, but it is sufficient as far as the bulk type magnetic body 32 is formed in the vicinity of the magnetic sensing portion 8.

[0056]

A fifth embodiment of the present invention will be described based on Fig. 10. A magnetic sensing element 41 of this embodiment is structured so that a fourth layer 42 as a soft magnetic film for assisting magnetic field sensing is formed into a laminated structure in which plural soft magnetic layers (for example, Co-Zr-Nb film, Fe-Ni film, or the like) are laminated via a non-magnetic layer (not shown) made of Ti, Ta, SiO<sub>2</sub>, or the like.

[0057]

According to the magnetic sensing element 41 of this embodiment, since the fourth layer (a soft magnetic film for assisting magnetic field sensing) 42 is structured into a laminated structure made of plural soft magnetic layers via a non-magnetic layer, a formation of closure domain can be prevented. As a result, noise reduction and high frequency (that is, high speed sampling) can be achieved, thereby further enhancing the performance of element.

[0058]

A sixth embodiment of the present invention will be described based on Fig. 11. A magnetic sensing element 51 of this embodiment is structured so that a fourth layer 52 as a soft magnetic film for assisting magnetic field sensing made of Co-Zr-Nb film, Fe-Ni film, or the like, for example, is formed to have a flat plane of



an elliptically round shape. The shape is not limited to the elliptically round shape, but may be a complete round shape.

[0059]

According to the magnetic sensing element 51 of this embodiment, since the fourth layer (soft magnetic film for assisting magnetic field sensing) 52 is formed into a disc shape, a magnetostatic energy can be further reduced. Thus, the generation of magnetic charge is reduced and the magnetic domain is stabilized, thereby reducing noises. As a result, the sensitivity of the element can be enhanced.

[0060]

A seventh embodiment of the present invention will be described based on Fig. 12. A magnetic sensing element 61 of this embodiment is structured so that a fourth layer 62 as a soft magnetic film for assisting magnetic field sensing is divided into plural portions 62a, 62b, ... 62n in its longitudinal direction. More specifically, for example, a fourth layer (a soft magnetic film for assisting magnetic field sensing) 62 made of Fe-Ni film is constituted by portions 62a, 62b, ... 62n each having a size of about  $0.5\mu\text{m} \times 0.5\mu\text{m}$ . If the portions 62a, 62b, ... 62n are individually in this size, the generation of closure domain can be suppressed and the portions 62a, 62b, ... 62n are structured to have a substantially single magnetic domain. As a result, noise reduction can be achieved. Simultaneously, it becomes easy to adjust their anisotropies into the same alignment, thereby enhancing the sensitivity of the element.

[0061]

The structure of the sensing element is not limited to a completely divided structure such as shown in Fig. 12. Alternatively, as is a magnetic sensing element 71 shown in Fig. 13, by forming plural notches 71, 71b, ... 71n in its longitudinal direction to form a divided structure, the generation of closure domain can be suppressed and noises can be reduced.

[0062]

An eighth embodiment of the present invention will be described based on Fig. 14. A magnetic sensing element 81 of this embodiment includes, for example, in addition to the magnetic sensing element 21 having a structure shown in Fig. 8, a wiring portion for reset current 82 as magnetic field generating means for returning the magnetized state of each magnetic layer (a first layer 4, a third layer 6, a fourth layer 7, etc.) of the magnetic sensing portion 8 to a specified state, and here, an initial state, in the vicinity of a magnetic sensing portion 8 and a high magnetic permeability layer 22 so as to extend along their total length or longer.

[0063]

According to thus-structured magnetic sensing element 81, for example, when the magnetic sensing element 81 is utilized for a direction sensing system described later and has sensed the occurrence of abnormality in its measured value, it allows a reset current to flow through the wiring portion for reset current 82 so as to return the magnetize state of each magnetic layer (the first layer 4, third layer 6, the fourth layer 7, etc.) of the magnetic sensing portion 8 to an initial state. This operation enables the magnetic sensing portion 8 to normally perform a sensing operation

thereafter. Specifically, the changes in the operating point resulted from the polarized TMR portion 2 due to an influence of temporary ferromagnetic field can be cancelled, and after the cancellation, the magnetic sensing portion 8 can be operated normally. This feature is useful not also for use in a direction sensing system for sensing earth's magnetism described later, but also for use in an application as a normal magnetic sensor.

[0064]

The magnetic field generating means for resetting is not limited to the wiring portion for reset current 82 integrally provided on the element. Alternatively, for example, as shown in Fig. 15, an external coil 83 through which said element 81 is passed through to generate a magnetic field for resetting may be utilized.

[0065]

An embodiment of the present invention will be described based on Fig. 16. This embodiment shows an exemplary application of the earth's magnetism sensing structured by utilizing the individual magnetic sensing elements of the individual embodiments described above to a direction sensing system. First of all, there is provided an earth's magnetic sensor 92 including three magnetic sensing elements 91a, 91b, and 91c (any form of magnetic sensing elements 1, 11, 21, 31, 41, 51, 61, 71, and 81 described above may be used) arranged independently in the directions of three axes vectors xyz. The detecting outputs of these magnetic sensing elements 91a, 91b, and 91c are input into three magnetic components sensing portion 94 as sensing means via a data acquisition portion 93. The three magnetic components sensing portion 94 senses three

axes vector components based on the sensing outputs of the magnetic sensing elements 91a, 91b, and 91c as to the earth's magnetic sensing. On the other hand, abnormality sensing means 97 constituted by an absolute value calculating portion 95 for calculating the absolute values of the sensing outputs of the magnetic sensing elements 91a, 91b, and 91c captured via the data acquisition portion 93, and a comparing portion 96 for comparing the magnitude of the absolute value calculated by the absolute value calculating portion 95 with a threshold value obtained by adding a measurement margin to an earth's magnetic intensity for comparison. The comparing portion 96 determines that the sensing result has abnormality when the magnitude of the calculated absolute value exceeds the threshold value. To the output side of the comparing portion 96, an announcing portion 98 as announcing means which operates based on the abnormality sensing output is provided.

[0066]

In this arrangement, according to the direction sensing system of this embodiment, when a sensing result in a magnitude exceeding a threshold value which is set beforehand by adding a measurement margin to the measured earth's magnetic intensity is obtained, the occurrence of the abnormality in the measured value is announced through the announcing portion 98. Therefore, the use of erroneous sensing result can be prevented before it is actually used. In more practical use, a system configuration may be such that the output of this announcing portion 98 is also announced to the user of the system by communication together with the sensing

result obtained from the three magnetic components sensing portion 94 via a communication portion 99.

[0067]

Further, in configuring this system, by utilizing the magnetic sensing element 81 shown in Figs. 14 and 15 as the three magnetic sensing elements 91a, 91b, and 91c, when abnormality is sensed in the sensing result by the comparing portion 96, a reset current is allowed to flow by resetting means (not shown) by utilizing the wiring portion for reset current 82 or the external coil 83 so that the magnetized state of the magnetic sensing portion 8 is reset to an initial state. In this manner, when the reset is completed and thereafter, a normal earth's magnetic sensing operation is enabled.

[0068]

Although the direction sensing system of this embodiment uses three magnetic sensing elements 91a, 91b, and 91c, it is also possible that three or more of magnetic sensing elements are independently arranged in the directions of three or more axes vectors, so that the earth's magnetism is sensed in the directions vectors of three or more axes.

[0069]

[Effect]

According to the magnetic sensing element of the invention recited in claim 1, a tunnel magnetic resistance effect element (TMR element) which is originally manufactured using a thin film technique etc. or a giant magnetic resistance effect element (GMR element) is used, downsizing and weight reduction of the magnetic

sensing element can be achieved. In addition, since said element includes on its one surface a soft magnetic film for assisting magnetic field sensing having the anti-magnetic force lower than the anti-magnetic force of the magnetic layer and having the anisotropic axis set independently from the anisotropic axis of the magnetic layer, the magnetic force can be sensed in the separated functions by utilizing a difference in anti-magnetic forces, the magnetic field sensitivity as the sensor can be enhanced.

[0070]

According to the invention recited in claim 2, in realizing the invention recited in claim 1, the element can be easily constructed into an arrayed structure, and its use application can be widened.

[0071]

According to the invention recited in claim 3, in the magnetic sensing element recited in claim 1 or 2, since a high magnetic permeability layer connected to the soft magnetic film for assisting magnetic field sensing is disposed in the vicinity of said magnetic sensing portion, the high magnetic permeability layer serves as a magnetic flux sink, and as a result, higher sensitivity can be achieved.

[0072]

According to the invention recited in claim 4, in the magnetic sensing element recited in claim 1, 2, or 3, there is provided, in the vicinity of the magnetic sensing portion, the bulk type magnetic body capable of achieving magnetic permeability and magnetic resistance rate extremely lower than those achieved by a thin magnetic film, and capable of handling a large amount of magnetic flux and

thus hard to saturate. Therefore, further higher sensitivity can be achieved.

[0073]

According to the invention recited in claim 5, in the magnetic sensing element recited in claim 3, the bulk type magnetic body is provided on the high magnetic permeability layer in the vicinity of the magnetic sensing portion. In this manner, further higher sensitivity can be achieved.

[0074]

According to the invention recited in claim 6, in realizing the invention of any one of claims 1 to 5, a soft magnetic film for assisting magnetic field sensing is formed as a laminated structure of plural soft magnetic layers on a non-magnetic layer. Thus, a formation of closure domain can be prevented, and noise reduction and high frequency (that is, high speed sampling) can be achieved, thereby further enhancing the performance of element.

[0075]

According to the invention recited in claim 7, in realizing the invention recited in any one of claims 1 to 6, since the flat plane of the soft magnetic film for assisting magnetic field sensing is formed into a disc shape, magnetostatic energy can be further reduced. Thus, the generation of magnetic charge is reduced and the stabilization of the magnetic domain can be expected, thereby reducing noises or enhancing sensitivity. As a result, the performance of the element can be enhanced further.

[0076]

According to the invention recited in claim 8, in realizing the invention recited in any one of claims 1 to 6, the soft magnetic film for assisting magnetic field sensing is formed of plural divided portions. Thus, if the individual portions are made into small sizes, the generation of closure domain can be suppressed and noise reduction can be achieved. In addition, further enhanced sensitivity can be achieved by arranging the anisotropies into the same alignment.

[0077]

According to the invention recited in claim 9, in realizing the invention recited in any one of claims 1 to 6, the soft magnetic film for assisting magnetic field sensing is formed into divided shape by plural notches. Thus, if the individual portions are made into small sizes, the generation of closure domain can be suppressed, and noise reduction can be achieved. Further, further enhanced sensitivity can be achieved by adjusting the anisotropies into the same alignment.

[0078]

According to the invention recited in claim 10, in the magnetic sensing element recited in any one of claims 1 to 9, for example, even in the case where the magnetic sensing portion is magnetized due to, for example, a temporary influence of ferromagnetic field and the operation point changes to cause an erroneous sensing, the magnetized state of the magnetic sensing portion can be returned to a predetermined state by utilizing magnetic field generating means for resetting. Thereafter, a normal sensing operation of the magnetic sensing element is enabled.



[0079]

According to the invention recited in claim 11, by utilizing a wiring portion for reset current integrally formed in the vicinity of the magnetic sensing portion, the invention recited in claim 10 can be easily realized.

[0080]

According to the invention recited in claim 12, by utilizing an external coil for allowing the magnetic sensing portion to generate reset magnetic field, the invention recited in claim 10 can be easily realized.

[0081]

According to the direction sensing system of the invention recited in claim 13, when the invention is applied to a direction sensing system intended for sensing earth's magnetism, basically, three axes vectors or more which are sensed based on the sensing outputs of the magnetic sensing elements independently arranged in the directions vectors of three or more axes and having high sensitivity according to any one of claims 1 to 12 are utilized. At this time, the absolute value of the sensing output of the magnetic sensing element is compared with a threshold value obtained by adding a measurement margin to the measured earth's magnetism intensity so as to determine whether or not the sensing result has abnormality. If abnormality is sensed, the occurrence of the abnormality is announced, so that the use of erroneous sensing result can be prevented before it is actually used.

[0082]

According to the direction sensing system of the invention recited in claim 14, the invention recited in claim 14 is basically the same as the invention recited in claim 13, except in the point that especially if abnormality in the sensing result is sensed, a reset current is allowed to flow through magnetic field generating means for resetting to return the magnetized state of the magnetic sensing portion to a predetermined state so as to reset the magnetic sensing portion. In this manner, an erroneous sensing operation can be avoided thereafter.

[Brief Description of the Drawings]

[Fig. 1] A longitudinal cross-sectional frontal view of a substrate formed with a first layer showing a first embodiment of the present invention.

[Fig. 2] A diagram showing a pattern of the first layer, where (a) is a plan view and (b) is a longitudinal cross sectional frontal view.

[Fig. 3] A diagram showing a pattern of a second layer formed on the first layer, where (a) is a plan view and (b) is a longitudinal cross-sectional frontal view.

[Fig. 4] A diagram showing a pattern of a third layer formed on the second layer, where (a) is a plan view and (b) is a longitudinal cross-sectional frontal view.

[Fig. 5] A diagram showing a pattern of a fourth layer formed on the third layer, where (a) is a plan view and (b) is a longitudinal cross-sectional frontal view.

[Fig. 6] A diagram showing a magnetic sensing element of a second embodiment of the present invention, where (a) is a plan view and (b) is a longitudinal cross-sectional frontal view.

[Fig. 7] A plan view showing a measuring circuit.

[Fig. 8] A diagram showing a magnetic sensing element of a third embodiment of the present invention, where (a) is a plan view and (b) is a longitudinal cross-sectional frontal view.

[Fig. 9] A magnetic sensing element of a fourth embodiment of the present invention, where (a) is a plan view and (b) is a longitudinal cross-sectional frontal view.

[Fig. 10] A magnetic sensing element of a fifth embodiment of the present invention, where (a) is a plan view and (b) is a longitudinal cross-sectional frontal view.

[Fig. 11] A plan view showing a magnetic sensing element of a sixth embodiment of the present invention.

[Fig. 12] A plan view showing a magnetic sensing element of a seventh embodiment of the present invention.

[Fig. 13] A plan view showing a magnetic sensing element of an exemplified variation thereof.

[Fig. 14] A plan view showing a magnetic sensing element of an eighth embodiment of the present invention.

[Fig. 15] A plan view showing a magnetic sensing element of an exemplified variation thereof.

[Fig. 16] A schematic system configuration diagram showing a direction sensing system of a ninth embodiment of the present invention.

[Description of Reference Numerals]

- 1: Magnetic sensing element
- 2: Tunnel magnetic effect resistance element
- 3: Magnetic layer
- 7: Soft magnetic film for assisting magnetic field sensing
- 8: Magnetic sensing portion
- 11: Magnetic sensing element
- 21: Magnetic sensing element
- 22: High magnetic permeability layer
- 31: Magnetic sensing element
- 32: Bulk type magnetic body
- 41: Magnetic sensing element
- 42: Soft magnetic film for assisting magnetic field sensing
- 51: Magnetic sensing element
- 52: Soft magnetic film for assisting magnetic field sensing
- 61: Magnetic sensing element
- 62: Soft magnetic film for assisting magnetic field sensing
- 62a, 62b, ... 62n: Portions
- 71: Magnetic sensing element
- 72: Soft magnetic film for assisting magnetic field sensing
- 72a, 72b, ... 72n: Notches
- 81: Magnetic sensing element
- 91: Magnetic sensing element
- 94: Sensing means
- 97: Abnormality sensing means
- 98: Announcing means

[Kind of document] ABSTRACT

[Summary]

[Object]

To provide a magnetic sensing element small in size and light in weight with high sensitivity.

[Construction]

A magnetic sensing element 1 is configured using a TMR element 2 which is originally manufactured using a thin film technique etc. so as to achieve the downsizing and weight reduction. In addition, a soft magnetic film for assisting magnetic field sensing 7 is formed on one surface of said element 1. The soft magnetic film 7 has an anti-magnetic force lower than the anti-magnetic force of the magnetic layer 4, and has an anisotropic axis set independently from the anisotropic axis of the magnetic layer 4. By utilizing a difference in anti-magnetic forces, the magnetic force can be sensed in separated functions, so that the magnetic field sensitivity as a sensor is enhanced.

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**